

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-286118  
(43)Date of publication of application : 13.10.2000

---

(51)Int.Cl. H01F 1/08  
B22F 3/00  
C22C 33/02  
C22C 38/00  
H01F 1/053

---

(21)Application number : 11-093743

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 31.03.1999

(72)Inventor : KATO EIJI  
ISHIZAKA TSUTOMU  
FUKUNO AKIRA  
NAKAGAWA JUN

---

**(54) MANUFACTURE OF SINTERED MAGNET**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To stably provide an Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>M sintered magnet having high magnetic characteristics.

**SOLUTION:** A method for manufacturing a sintered magnet, containing R (at least one kind of rare-earth element including Y), T (Fe or Fe and Co), and B includes a process for molding a mixture of the powder of a first alloy, a second alloy, and a third alloy and sintering the molded product. The first alloy contains 26–29 wt.% R, 0.8–1.08 wt.% B, and the balance T and the second alloy contains 28 wt.% or larger R, 1.1–1.5 wt.% B, and the balance T. The third alloy contains 30 wt.% R, 0.5 wt.% B or smaller, and T as the balance.

---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-286118  
(P2000-286118A)

(43)公開日 平成12年10月13日 (2000.10.13)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
 H 01 F 1/08  
 B 22 F 3/00  
 C 22 C 33/02  
 38/00 3 0 3  
 H 01 F 1/053

識別記号

F I  
 H 01 F 1/08  
 C 22 C 33/02  
 38/00  
 B 22 F 3/00  
 H 01 F 1/04

コード(参考)  
 B 4K018  
 L 5E040  
 3 0 3 D  
 F  
 H

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全8頁)

(21)出願番号

特願平11-93743

(71)出願人

000003067  
ティーディーケイ株式会社  
東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(22)出願日

平成11年3月31日 (1999.3.31)

(72)発明者

加藤 英治  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ  
一ディーケイ株式会社内

(72)発明者

石坂 力  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ  
一ディーケイ株式会社内

(74)代理人

100082865  
弁理士 石井 陽一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 焼結磁石の製造方法

(57)【要約】

【課題】 磁気特性の高いNdFe<sub>14</sub>B系焼結磁石を安定して提供する。

【解決手段】 R (Rは、Yを含む希土類元素の少なくとも1種である)、T (Tは、Fe、またはFeおよび他の希土類元素である) およびBを含有する焼結磁石を製造する方法であって、第1合金の粉末と第2合金の粉末と第3合金の粉末との混合物を成形し、焼結する工程を有し、前記第1合金の組成をR:2.6~2.9重量%、B:0.8~1.08重量%、T:残部とし、前記第2合金の組成をR:2.8重量%以上、B:1.1~1.5重量%、T:残部とし、前記第3合金の組成をR:3.0重量%以上、B:0.5重量%以下、T:残部とする焼結磁石の製造方法。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 R (Rは、Yを含む希土類元素の少なくとも1種である)、T (Tは、Fe、またはFeおよびFe以外の遷移元素である)およびBを含有する焼結磁石を製造する方法であって、第1合金の粉末と第2合金の粉末と第3合金の粉末との混合物を成形して焼結する工程を有し、

前記第1合金の組成を

R : 26~29重量%、

B : 0.8~1.08重量%、

T : 残部

とし、

前記第2合金の組成を

R : 28重量%以上、

B : 1.1~1.5重量%、

T : 残部

とし、

前記第3合金の組成を

R : 30重量%以上、

B : 0.5重量%以下、

T : 残部

とする焼結磁石の製造方法。

【請求項2】 前記第3合金がBを含有しない請求項1の焼結磁石の製造方法。

【請求項3】 前記混合物の組成を

R : 28~31重量%、

B : 0.9~1.1重量%、

T : 残部

とする請求項1または2の焼結磁石の製造方法。

【請求項4】 前記混合物の組成を

R : 28~29.5重量%、

B : 0.95~1.05重量%、

T : 残部

とする請求項1または2の焼結磁石の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、希土類焼結磁石の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 高性能を有する希土類磁石としては、粉末冶金法によるSm-Co系磁石でエネルギー積3.2MGOeのものが量産されている。また、近年Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B磁石等のR-T-B系磁石 (Rは希土類元素、TはFe、またはFeおよびCo) が開発され、特開昭59-46008号公報には焼結磁石が開示されている。R-T-B系磁石は、Sm-Co系磁石に比べ原料が安価である。R-T-B系焼結磁石の製造には、従来のSm-Co系の粉末冶金プロセス (溶解→母合金鋳造→インゴット粗粉碎→微粉碎→成形→焼結→磁石) を適用することができる。

【0003】 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B系焼結磁石の保磁力が結晶粒界のNdリッチ相の存在に依存していることは、様々な論文などにおいて詳しく報告されている。したがって、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相から構成される結晶粒をNdリッチ相が均一に被覆するように焼結すること、すなわち、焼結磁石中においてNdリッチ相を均一に分散させることが重要となる。磁石中においてNdリッチ相を均一に分散させるためには、2合金法を用いることが好ましい。2合金法では、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>Bを中心とする主相用粉末とNdリッチな粒界相用粉末との混合物を成形し、焼結する (特開昭63-93841号公報、特開昭63-278208号公報、特開平5-21219号公報等)。粒界相用粉末は焼結時に溶融し、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B主相に対して濡れ性の極めて良好な液相となって流動し、主相用粉末の周囲を被覆して磁石の粒界相となり、保磁力を向上させる。

【0004】 しかし、合金を粉碎して粉末化する際に希土類元素やボロンが飛散して組成ずれが生じやすく、2合金法では1種の元素の組成ずれは補償可能であるが、2種の元素の組成ずれが生じた場合、補償することが難しくなる。

【0005】 また、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B系焼結磁石では、Ndの酸化による減量分を見込んで、化学量論組成よりもかなりNdリッチ側の組成とすることが一般的であったが、Ndリッチ組成ではFeに富む相が析出して高保磁力が得られない。したがって、Ndの酸化を抑えることができる場合には、Nd含有量をより少なく、例えば31重量%以下とすることが好ましく、この場合には高保磁力かつ高残留磁束密度の磁石が実現する。しかし、従来の2合金法は、Nd含有量の少ない焼結磁石の製造には最適化されていなかった。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、磁気特性の高いNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B系焼結磁石を安定して提供することである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 このような目的は、下記(1)~(4)の本発明により達成される。

(1) R (Rは、Yを含む希土類元素の少なくとも1種である)、T (Tは、Fe、またはFeおよびFe以外の遷移元素である)およびBを含有する焼結磁石を製造する方法であって、第1合金の粉末と第2合金の粉末と第3合金の粉末との混合物を成形して焼結する工程を有し、前記第1合金の組成をR : 26~29重量%、B : 0.8~1.08重量%、T : 残部とし、前記第2合金の組成をR : 28重量%以上、B : 1.1~1.5重量%、T : 残部とし、前記第3合金の組成をR : 30重量%以上、B : 0.5重量%以下、T : 残部とする焼結磁石の製造方法。

(2) 前記第3合金がBを含有しない上記(1)の焼

結磁石の製造方法。

(3) 前記混合物の組成をR:28~31重量%、B:0.9~1.1重量%、T:残部とする上記(1)または(2)の焼結磁石の製造方法。

(4) 前記混合物の組成をR:28~29.5重量%、B:0.95~1.05重量%、T:残部とする上記(1)または(2)の焼結磁石の製造方法。

#### 【0008】

【作用および効果】本発明では、上記した3種の合金粉末からなる混合物を焼結することにより、従来の2合金法を用いた場合よりも高特性の焼結磁石が得られる。

【0009】本発明では、第1合金の粉末と第2合金の粉末の一部とが、主相であるR<sub>2</sub>T<sub>14</sub>B結晶粒を形成し、第2合金の粉末の残部と第3合金の粉末とが反応して粒界相を形成すると考えられる。したがって、第1合金の粉末は、R<sub>2</sub>T<sub>14</sub>B相を有していることが好ましい。また、第2の合金の粉末も、R<sub>2</sub>T<sub>14</sub>B相を有していてよい。第2合金の粉末はB含有量が多く、第3合金の粉末はR含有量が多い。そのため、両粉末が反応することにより、R<sub>2</sub>T<sub>14</sub>B磁石に必要とされる粒界相、すなわち、Rリッチ相およびBリッチ相を含む粒界相が理想に近い状態で形成され、その結果、主相となる粉末に加えRリッチ粉末だけを用いる従来の2合金法に比べ、より高い特性が実現するものと考えられる。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】本発明では、R(Rは、Yを含む希土類元素の少なくとも1種である)、T(Tは、Fe、またはFeおよび他の希土類元素である)およびBを含有する焼結磁石を製造するに際し、第1合金の粉末と第2合金の粉末と第3合金の粉末との混合物を成形して焼結する。

#### 【0011】第1合金

第1合金の組成は、R:26~29重量%、B:0.8~1.08重量%、T:残部である。R量の下限は、好ましくは27.0重量%、より好ましくは27.8重量%であり、R量の上限は、好ましくは28.5重量%、より好ましくは28.2重量%である。また、B量の下限は、好ましくは0.9重量%、より好ましくは0.95重量%であり、B量の上限は、好ましくは1.05重量%である。

【0012】第1合金においてR量が少なすぎると、第1合金を鋳造などにより製造する際に $\alpha$ -Fe相が多量に析出する。 $\alpha$ -Fe相を多量に含む第1合金を用いると、焼結磁石の保磁力が低くなってしまう。一方、第1合金においてR量が多すぎると、焼結磁石の組成を好ましい範囲内に設定しても、高特性が得られない。

【0013】第1合金においてB量が少なすぎると、第1合金中にR<sub>2</sub>T<sub>17</sub>相が多く析出する。R<sub>2</sub>T<sub>17</sub>相を多量に含む第1合金を用いると、焼結磁石の保磁力が低くなってしまう。一方、第1合金においてB量が多すぎる

と、第1合金中に非磁性のBリッチ相が多く析出する。Bリッチ相を多量に含む第1合金を用いると、磁気特性の良好な焼結磁石が得られない。

#### 【0014】第2合金

第2合金の組成は、R:28重量%以上、B:1.1~1.5重量%、T:残部である。R量の下限は、好ましくは28.5重量%、より好ましくは28.8重量%であり、R量の上限は、好ましくは31重量%、より好ましくは30.0重量%、さらに好ましくは29.2重量%である。また、B量の下限は、好ましくは1.15重量%であり、B量の上限は、好ましくは1.4重量%、より好ましくは1.3重量%である。

【0015】第2合金においてR量が少なすぎると、第2合金を鋳造などにより製造する際に $\alpha$ -Fe相がやや多量に析出し、保磁力の高い焼結磁石を得ることが難しくなる。一方、第2合金においてR量が多すぎると、焼結磁石の組成を好ましい範囲内に設定しても、高特性が得られにくい。

【0016】第2合金においてB量が少なすぎると、焼結磁石の組成を好ましい範囲内に設定しても、高特性が得られない。これは、粒界相に十分なBリッチ相が形成されないためと考えられる。一方、第2合金においてB量が多すぎると、第2合金中に非磁性のBリッチ相が多く析出する。Bリッチ相を多量に含む第2合金を用いると、磁気特性の良好な焼結磁石が得られない。

#### 【0017】第3合金

第3合金の組成は、R:30重量%以上、B:0.5重量%以下、T:残部である。R量の下限は、好ましくは32重量%、より好ましくは34重量%であり、R量の上限は、好ましくは60重量%、より好ましくは50重量%、さらに好ましくは40重量%である。また、B量の上限は、好ましくは0.2重量%、より好ましくは0.1重量%である。

【0018】第3合金においてR量が少なすぎると、第3合金中にR<sub>2</sub>T<sub>17</sub>相が多く析出するので、焼結磁石の保磁力が低くなってしまう。一方、第3合金においてR量が多すぎると、焼結磁石の組成を好ましい範囲内に設定しても、高特性が得られにくい。

【0019】第3合金においてB量が多すぎると、焼結磁石の組成を好ましい範囲内に設定しても、高特性が得られない。なお、第3合金は、Bを含有しなくてもよい。

#### 【0020】混合

第1合金の粉末と第2合金の粉末と第3合金の粉末との混合物を得る方法は特に限定されず、各合金のブロックを混合して粉碎してもよく、各合金の粗粉を混合して粉碎してもよく、各合金の微粉を混合してもよい。各合金をブロックまたは粗粉として混合すれば、そのあとの粉碎工程にひとつのロットとして流せるので効率的であり、混合の均一性も良好となる。一方、各合金を微粉で

混合する場合には、それぞれの合金粉末を最適な粒度に調整しておくことができるので、高特性の磁石を得やすい。なお、粉碎の際にはR量、B量の組成ずれが生じやすいが、本発明では3種の合金を混合するため、このような組成ずれを粉碎条件に応じて補償することが可能である。

【0021】混合物中における各合金粉末の比率は、混合物の組成が好ましくはR:28~31重量%、B:0.9~1.1重量%、T:残部となり、より好ましくはR:28~29.5重量%、B:0.95~1.05重量%、T:残部となるように設定する。すなわち、本発明は、R量が化学量論組成に近いR<sub>2</sub>T<sub>14</sub>B系希土類磁石の製造に好適である。混合物中のR含有量が少なすぎると鉄に富む相が析出して高保磁力が得られなくなり、R含有量が多すぎると高残留磁束密度が得られなくなる。B含有量が少なすぎると高保磁力が得られなくなり、B含有量が多すぎると高残留磁束密度が得られなくなる。

【0022】具体的な混合比率は、通常、第2合金と第3合金との合計10重量部に対し、第1合金を1~1.2重量部とし、かつ、第2合金と第3合金との合計10重量部中において第2合金を2~9.5重量部とすればよいが、混合物の組成が上記範囲内となれば、これに限定されない。

【0023】本発明においてRは、Nd、Pr、Tbのうち少なくとも1種、特にNdが好ましく、さらにDyを含むことが好ましい。また、La、Ce、Gd、Er、Ho、Eu、Pm、Tm、Yb、Yのうち1種以上を含んでもよい。希土類元素の原料としては、ミッショメタル等の混合物を用いることもできる。

【0024】Tは、Fe、またはFeおよびFe以外の遷移元素である。Fe以外の遷移元素としてはCoが好ましい。T中においてFe以外の遷移元素の含有量は30重量%以下とすることが好ましい。なお、Fe以外の遷移元素としては、Coのほか、例えばAl、Cr、Mn、Mg、Si、Cu、Nb、Sn、W、V、Zr、Ti、Moなどが挙げられる。

【0025】本発明の製造方法では、成形工程において磁場配向により異方性化するので、各合金の粉末、特に第1合金の粉末および第2合金の粉末は、単結晶粒子であることが好ましい。各合金粉末の平均粒径は、焼結後の磁石の結晶粒径が所望の値となるように決定すればよく、例えば1~10μm程度から適宜選択すればよい。

【0026】合金を粉末化する方法は特に限定されず、铸造や液体急冷法（例えば単ロール法）などにより合金を製造した後、水素吸蔵法や通常の機械的粉碎法などにより粉碎してもよく、還元拡散法により合金粉末を製造してもよい。

【0027】本発明により製造される磁石は、希土類元素含有量が比較的少ないので、希土類元素の酸化に対する

マージンが小さい。したがって、粉碎、混合、成形などの各工程を、Ar、N<sub>2</sub>等の非酸化性雰囲気中で行うことが好ましい。

#### 【0028】成形

成形工程では、3種の合金粉末の混合物を磁場中で成形する。成形圧力は特に限定されないが、一般に0.1t/cm<sup>2</sup>以上、好ましくは1t/cm<sup>2</sup>以上とする。成形時の磁場強度は、通常、10kOe以上、好ましくは15kOe以上とする。

#### 【0029】焼結

焼結工程では、成形体を加熱して焼結し、磁石化する。焼結工程における安定温度は900~1100℃とすることが好ましく、安定時間は0.5~24時間とすることが好ましい。なお、焼結雰囲気は、真空またはArガス等の不活性ガス雰囲気であることが好ましい。

【0030】焼結後、保磁力向上のために時効処理を必要に応じて施す。

【0031】焼結磁石の組成は、3種の合金の混合物とほぼ同じとなるが、このほか、不可避的不純物あるいは微量添加物として、例えば炭素や酸素が含有されていてもよい。焼結磁石は、実質的に正方晶型の結晶構造の主相を有し、結晶粒界には、R<sub>2</sub>T<sub>14</sub>BよりもR比率の高いRリッチ相およびB比率の高いBリッチ相が存在する。

#### 【0032】

【実施例】表3以降の各表にそれぞれ示す焼結磁石サンプルを、3種の合金を用いる本発明法、2種の合金を用いる2合金法または1種の合金を用いる通常の焼結法により作製した。

【0033】原料合金には、表1および表2に示す組成の粉末を用いた。これら各表には、各合金粉末のNd含有量およびB含有量を示してある。残部はFeである。これらの合金粉末は、鋳造した合金インゴットをAr雰囲気中で粉碎することにより得た。

【0034】各焼結磁石の製造に用いた合金粉末の組み合わせ、その混合比率および混合後の組成を、表3以降の各表に示す。なお、合金粉末の平均粒径は、第1合金において3.3μm、第2合金において3.2μm、第3合金において3.0μmとした。合金粉末の混合は、Ar雰囲気中で行った。

【0035】次いで、合金粉末を10Tのパルス磁場中で静水圧成形した後、真空中において1050℃で8時間焼結し、急冷した。さらに、Ar雰囲気中において500℃で1時間時効処理を施して、焼結磁石サンプルとした。各サンプルの密度、残留磁束密度(B<sub>r</sub>)、保磁力(H<sub>cJ</sub>)および最大エネルギー積((BH)<sub>max</sub>)を、表3以降の各表に示す。

#### 【0036】

##### 【表1】

| 第1合金<br>No. | Nd<br>(wt.%) | B<br>(wt.%) | 第2合金<br>No. | Nd<br>(wt.%) | B<br>(wt.%) | 第3合金<br>No. | Nd<br>(wt.%) | B<br>(wt.%) |
|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 1-A         | 28.0         | 1.00        | 2-A         | 29.0         | 1.25        | 3-A         | 39.0         | 0.00        |
| 1-B(比較)     | 25.4**       | 1.00        | 2-B(比較)     | 27.4**       | 1.25        | 3-B(比較)     | 28.8**       | 0.00        |
| 1-C         | 26.4         | 1.00        | 2-C         | 28.4         | 1.25        | 3-C         | 31.0         | 0.00        |
| 1-D         | 27.4         | 1.00        | 2-D         | 28.7         | 1.25        | 3-D         | 33.0         | 0.00        |
| 1-E         | 28.3         | 1.00        | 2-E         | 29.6         | 1.25        | 3-E         | 49.0         | 0.00        |
| 1-F         | 28.8         | 1.00        | 2-F         | 30.6         | 1.25        | 3-F         | 59.0         | 0.00        |
| 1-G(比較)     | 29.2**       | 1.00        | 2-G         | 31.6         | 1.25        | 3-G         | 67.0         | 0.00        |
| 1-H(比較)     | 28.0         | 0.78**      | 2-H(比較)     | 29.0         | 1.09**      | 3-H         | 39.0         | 0.05        |
| 1-I         | 28.0         | 0.92        | 2-I         | 29.0         | 1.13        | 3-I         | 39.0         | 0.15        |
| 1-K         | 28.0         | 1.06        | 2-K         | 29.0         | 1.33        | 3-K         | 39.0         | 0.30        |
| 1-L(比較)     | 28.0         | 1.09**      | 2-L(比較)     | 29.0         | 1.53**      | 3-L(比較)     | 39.0         | 0.60**      |

\*\* : 本発明範囲外の値

【0037】

【表2】

| 合金<br>No. | Nd<br>(wt.%) | B<br>(wt.%) |
|-----------|--------------|-------------|
| 4-A       | 28.7         | 1.00        |
| 4-B       | 27.9         | 1.00        |
| 4-C       | 28.3         | 1.00        |
| 4-D       | 29.7         | 1.00        |
| 4-E       | 30.7         | 1.00        |
| 4-F       | 31.7         | 1.00        |
| 4-G       | 28.7         | 0.88        |
| 4-H       | 28.7         | 0.94        |
| 4-I       | 28.7         | 1.06        |
| 4-J       | 28.7         | 1.12        |
| 5-A       | 31.0         | 1.00        |
| 6-A       | 39.0         | 1.00        |
| 7-A       | 63.0         | 1.00        |
| 8-A       | 28.4         | 0.75        |
| 9-A       | 27.7         | 0.00        |
| 10-A      | 27.8         | 1.09        |
| 11-A      | 28.2         | 1.05        |

20

30

【0038】

【表3】

| 焼結磁石<br>No. | 第1合金    | 第2合金 | 第3合金 | 混合比率<br>第1:第2:第3<br>(wt.%) | Nd<br>(wt.%) | B<br>(wt.%) | coercitance<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Br<br>(kG) | HcJ<br>(kOe) | (BH)max<br>(MGoe) |
|-------------|---------|------|------|----------------------------|--------------|-------------|-------------------------------------|------------|--------------|-------------------|
|             |         |      |      |                            |              |             |                                     |            |              |                   |
| 101         | 1-A     | 2-A  | 3-A  | 77:18:5                    | 28.7         | 1.00        | 7.54                                | 15.2       | 9.2          | 55.2              |
| 102         | 1-D     | 2-A  | 3-A  | 85:12:3                    | 27.9**       | 1.00        | 7.42                                | 14.5       | 8.1          | 46.8              |
| 103         | 1-A     | 2-A  | 3-A  | 90:8:2                     | 28.3         | 1.00        | 7.50                                | 15.1       | 8.1          | 54.9              |
| 104         | 1-A     | 2-A  | 3-A  | 40:48:12                   | 29.8*        | 1.00        | 7.53                                | 14.8       | 10.5         | 52.3              |
| 105         | 1-A     | 2-A  | 3-A  | 10:72:18                   | 30.7*        | 1.00        | 7.54                                | 14.6       | 12.1         | 50.7              |
| 106         | 1-A     | 2-A  | 3-E  | 30:56:14                   | 31.5**       | 1.00        | 7.53                                | 14.4       | 13.2         | 49.0              |
| 107         | 1-I     | 2-A  | 3-A  | 88:6:6                     | 28.7         | 0.88**      | 7.53                                | 14.3       | 8.2          | 47.1              |
| 108         | 1-I     | 2-A  | 3-A  | 79:17:4                    | 28.7         | 0.94*       | 7.53                                | 14.7       | 8.6          | 51.4              |
| 109         | 1-K     | 2-A  | 3-A  | 72:24:4                    | 28.7         | 1.06*       | 7.52                                | 14.8       | 8.9          | 52.4              |
| 110         | 1-K     | 2-A  | 3-A  | 47:50:3                    | 28.7         | 1.12**      | 7.51                                | 14.5       | 8.7          | 50.0              |
| 101(比較)     | 1-B(比較) | 2-A  | 3-A  | 42:46:12                   | 28.7         | 1.00        | 7.45                                | 14.0       | 6.9          | 39.7              |
| 112         | 1-C     | 2-A  | 3-A  | 50:40:10                   | 28.7         | 1.00        | 7.53                                | 14.7       | 8.6          | 51.5              |
| 113         | 1-D     | 2-A  | 3-A  | 60:32:8                    | 28.7         | 1.00        | 7.53                                | 14.9       | 8.9          | 52.7              |
| 114         | 1-E     | 2-A  | 3-A  | 80:16:4                    | 28.7         | 1.00        | 7.52                                | 15.0       | 8.8          | 53.3              |
| 115         | 1-F     | 2-A  | 3-A  | 80:16:4                    | 29.2         | 1.00        | 7.62                                | 14.7       | 8.7          | 51.4              |
| 116(比較)     | 1-G(比較) | 2-A  | 3-A  | 80:16:4                    | 29.6*        | 1.00        | 7.51                                | 14.2       | 7.9          | 44.6              |
| 117(比較)     | 1-H(比較) | 2-A  | 3-A  | 48:50:2                    | 28.7         | 1.00        | 7.49                                | 14.5       | 7.0          | 42.8              |
| 118         | 1-I     | 2-A  | 3-A  | 65:32:3                    | 28.7         | 1.00        | 7.52                                | 15.0       | 8.5          | 53.1              |
| 119         | 1-K     | 2-A  | 3-A  | 92:2:6                     | 28.7         | 1.00        | 7.52                                | 15.1       | 8.8          | 54.1              |
| 120(比較)     | 1-L(比較) | 2-A  | 3-A  | 92:2:6                     | 28.7         | 1.03        | 7.51                                | 14.6       | 7.9          | 46.0              |

\*: より好ましい範囲外の値、\*\*: 好ましい範囲外の値

| 焼結磁石<br>No. | 第1合金 | 第2合金    | 第3合金    | 混合比率<br>第1:第2:第3 | Nd<br>(wt.%) | B<br>(wt.%) | 焼結密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Br<br>(kG) | HcJ<br>(kOe) | (BH) <sub>max</sub><br>(MGoe) |
|-------------|------|---------|---------|------------------|--------------|-------------|------------------------------|------------|--------------|-------------------------------|
| 201(比較)     | 1-A  | 2-B(比較) | 3-A     | 60:32:8          | 28.7         | 1.00        | 7.49                         | 14.4       | 7.1          | 45.5                          |
| 202         | 1-A  | 2-C     | 3-A     | 72:22:6          | 28.7         | 1.00        | 7.52                         | 14.7       | 8.3          | 51.9                          |
| 203         | 1-A  | 2-D     | 3-A     | 77:18:5          | 28.7         | 1.00        | 7.53                         | 14.9       | 8.5          | 53.0                          |
| 204         | 1-A  | 2-E     | 3-A     | 80:16:4          | 28.7         | 1.00        | 7.53                         | 15.0       | 8.9          | 54.4                          |
| 205         | 1-A  | 2-F     | 3-A     | 84:13:3          | 28.7         | 1.00        | 7.53                         | 14.8       | 8.7          | 52.3                          |
| 206         | 1-A  | 2-G     | 3-A     | 86:11:3          | 28.7         | 1.00        | 7.53                         | 14.7       | 8.4          | 51.0                          |
| 207(比較)     | 1-A  | 2-H(比較) | 3-A     | 65:32:3          | 28.7         | 1.00        | 7.52                         | 14.6       | 7.2          | 45.8                          |
| 208         | 1-A  | 2-I     | 3-A     | 66:30:4          | 28.7         | 1.00        | 7.53                         | 14.9       | 8.3          | 51.2                          |
| 209         | 1-A  | 2-K     | 3-A     | 80:15:5          | 28.7         | 1.00        | 7.52                         | 14.9       | 8.6          | 52.5                          |
| 210(比較)     | 1-A  | 2-L(比較) | 3-A     | 85:10:5          | 28.7         | 1.00        | 7.51                         | 14.4       | 7.8          | 45.1                          |
| 211(比較)     | 1-A  | 2-A     | 3-B(比較) | 30:56:14         | 28.7         | 1.00        | 7.48                         | 14.3       | 7.0          | 43.6                          |
| 212         | 1-A  | 2-A     | 3-C     | 50:40:10         | 28.7         | 1.00        | 7.52                         | 14.7       | 8.4          | 51.1                          |
| 213         | 1-A  | 2-A     | 3-D     | 60:32:8          | 28.7         | 1.00        | 7.53                         | 15.0       | 8.9          | 54.0                          |
| 214         | 1-A  | 2-A     | 3-E     | 86:11:3          | 28.7         | 1.00        | 7.53                         | 14.9       | 9.0          | 53.7                          |
| 215         | 1-A  | 2-A     | 3-F     | 90:8:2           | 28.7         | 1.00        | 7.53                         | 14.7       | 8.5          | 51.9                          |
| 216         | 1-A  | 2-A     | 3-G     | 92:6:2           | 28.7         | 1.00        | 7.52                         | 14.5       | 8.1          | 50.2                          |
| 217         | 1-A  | 2-A     | 3-H     | 77:18:5          | 28.7         | 1.00        | 7.53                         | 14.9       | 8.9          | 53.4                          |
| 218         | 1-A  | 2-A     | 3-I     | 79:16:5          | 28.7         | 1.00        | 7.53                         | 14.8       | 8.5          | 51.9                          |
| 219         | 1-A  | 2-A     | 3-K     | 82:13:5          | 28.7         | 1.00        | 7.52                         | 14.6       | 8.0          | 50.5                          |
| 220(比較)     | 1-A  | 2-A     | 3-L(比較) | 86:8:6           | 28.7         | 1.00        | 7.51                         | 14.2       | 7.1          | 43.4                          |

【0040】

【表5】

| 焼結磁石<br>No.    | 第1合金<br>第2合金 | 第3合金 | 混合比率<br>第1:第2:第3<br>(wt. %) | Nd<br>(wt. %) | B<br>(wt. %) | 焼結密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Br<br>(kG) | HeJ<br>(kOe) | (BH)max<br>(MGoe) |
|----------------|--------------|------|-----------------------------|---------------|--------------|------------------------------|------------|--------------|-------------------|
| 301(比較)<br>4-A | なし           | なし   | 100:0:0                     | 28.7          | 1.00         | 7.50                         | 14.4       | 7.9          | 45.7              |
| 302(比較)<br>4-B | なし           | なし   | 100:0:0                     | 27.9**        | 1.00         | 7.26                         | 13.1       | 1.2          | <20               |
| 303(比較)<br>4-C | なし           | なし   | 100:0:0                     | 28.3          | 1.00         | 7.38                         | 13.8       | 1.7          | <20               |
| 304(比較)<br>4-D | なし           | なし   | 100:0:0                     | 29.8*         | 1.00         | 7.53                         | 14.1       | 9.7          | 45.8              |
| 305(比較)<br>4-E | なし           | なし   | 100:0:0                     | 30.7*         | 1.00         | 7.53                         | 14.0       | 10.8         | 45.6              |
| 306(比較)<br>4-F | なし           | なし   | 100:0:0                     | 31.5**        | 1.00         | 7.53                         | 13.8       | 12.1         | 45.1              |
| 307(比較)<br>4-G | なし           | なし   | 100:0:0                     | 28.7          | 0.88**       | 7.53                         | 13.7       | 7.2          | 43.9              |
| 308(比較)<br>4-H | なし           | なし   | 100:0:0                     | 28.7          | 0.94*        | 7.53                         | 14.2       | 8.0          | 45.5              |
| 309(比較)<br>4-I | なし           | なし   | 100:0:0                     | 28.7          | 1.06*        | 7.51                         | 14.1       | 8.2          | 45.6              |
| 310(比較)<br>4-J | なし           | なし   | 100:0:0                     | 28.7          | 1.12**       | 7.49                         | 13.6       | 8.1          | 44.0              |
| 311(比較)<br>1-A | 5-A          | なし   | 77:23:0                     | 28.7          | 1.00         | 7.52                         | 14.6       | 7.8          | 46.0              |
| 312(比較)<br>1-A | 6-A          | なし   | 94:6:0                      | 28.7          | 1.00         | 7.53                         | 14.5       | 7.6          | 45.6              |
| 313(比較)<br>1-A | 7-A          | なし   | 98:2:0                      | 28.7          | 1.00         | 7.52                         | 14.4       | 7.9          | 45.4              |
| 314(比較)<br>2-A | 8-A          | なし   | 50:50:0                     | 28.7          | 1.00         | 7.51                         | 14.5       | 7.5          | 45.1              |
| 315(比較)<br>2-A | 9-A          | なし   | 80:20:0                     | 28.7          | 1.00         | 7.49                         | 14.1       | 6.9          | 43.8              |
| 316(比較)<br>3-A | 10-A         | なし   | 8:92:0                      | 28.7          | 1.00         | 7.51                         | 14.5       | 7.7          | 45.8              |
| 317(比較)<br>3-A | 11-A         | なし   | 5:95:0                      | 28.7          | 1.00         | 7.52                         | 14.6       | 7.5          | 45.9              |

\*: より好ましい範囲外の値、\*\*: 好ましい範囲外の値

【0041】上記各表から、本発明の効果が明らかである。すなわち、3種の合金を混合する本発明法では、通

常の焼結法および2合金法のいずれを用いた場合よりも優れた特性の焼結磁石が得られている。

フロントページの続き

(72)発明者 福野 亮  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 テイ  
一ディーケイ株式会社内

(72)発明者 中川 準  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 テイ  
一ディーケイ株式会社内  
F ターム(参考) 4K018 AA27 KA45  
5E040 AA04 BD01 CA01 HB05 NN01